第５講　与えられたデータを活用して理解を深める

2018 年度 試行調査 第５問＆演習問題

■ 2018年度 試行調査

第５問　次の文章（A・B）を読み，下の問い（**問１〜７**）に答えよ。

〔**解答番号** [1] 〜 [8] 〕（配点　26）

A　緑色蛍光タンパク質（以下，GFP）は，現代生物学において様々な方法で利用されている。例えば，(a)<u>遺伝子組換え技術</u>を用いて，(b)<u>調べたいタンパク質とGFPとの融合タンパク質を発現させ</u>，発現時期や(c)<u>細胞内での局在などに関する情報を得る</u>こともできる。

問１　下線部(a)に関連して，次の(1)・(2)のように，遺伝子をプラスミドにつなぎ合わせる実験を行った。

(1)　あるDNA鎖を，次の**図１**の制限酵素X，Y，およびZで切断して，下の**図２**のようなDNA断片a，b，およびcを得た。

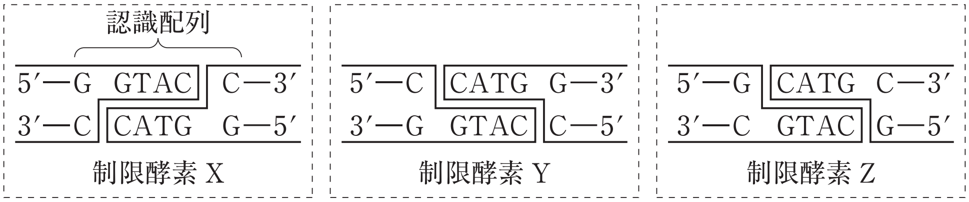


図１　制限酵素X，Y，およびZが認識する配列と切断の仕方

Ⓧ，Ⓨ，Ⓩ：制限酵素X，Y，またはZで切断したときの切り口

図２

⑵　プラスミドを，**図１**の制限酵素 X と Z とで切断して，次の**図３**のようなプラスミド断片を得た。

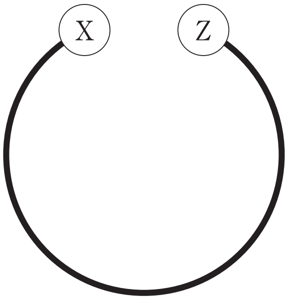


図３

このプラスミド断片と**図２**の DNA 断片 a，b，または c とを混合し，DNA リガーゼを加えて反応させたとき，**図２**の DNA 断片 a ～ c のうち，プラスミド断片に連結されて環状になり得る DNA はどれか。それらを過不足なく含むものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，１本のプラスミドに挿入される DNA 断片は１本だけとする。 **1**

①　a	②　b	③　c
④　a，b	⑤　a，c	⑥　b，c
⑦　a，b，c	⑧　どれも環状にならない。	

問２　下線部(b)に関連して，チューブリンとGFPとの融合タンパク質を，マウスの様々な細胞で発現させることができるように，プラスミドを設計した。次の**図４**は，そのプラスミドの一部を模式的に示したものである。このとき，**図４**中の［ア］～［ウ］に入る配列の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。［２］

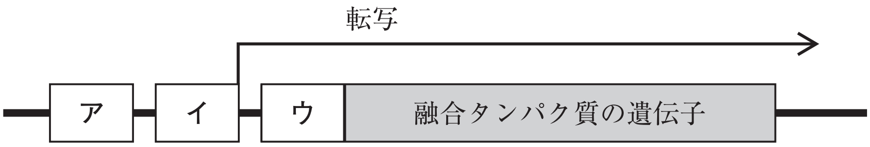
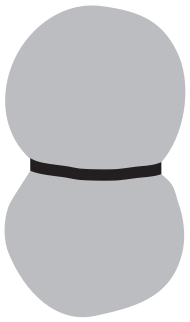


図４　プラスミドの一部

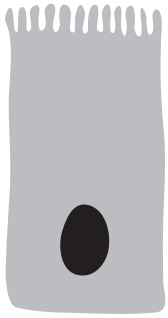
	ア	イ	ウ
①	転写調節領域（転写調節配列）	プロモーター	翻訳開始点
②	転写調節領域（転写調節配列）	翻訳開始点	プロモーター
③	プロモーター	転写調節領域（転写調節配列）	翻訳開始点
④	プロモーター	翻訳開始点	転写調節領域（転写調節配列）
⑤	翻訳開始点	転写調節領域（転写調節配列）	プロモーター
⑥	翻訳開始点	プロモーター	転写調節領域（転写調節配列）

問３　下線部(c)に関連して，**問２**で作製したプラスミドを複数のマウスに導入し，チューブリンとGFPの融合タンパク質を発現させ，様々な細胞でGFPの蛍光を観察したところ，この蛍光はチューブリンと同じ局在を示していた。次の蛍光顕微鏡像の模式図ｄ～ｈのうち，観察されたものはどれか。観察された像の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。なお，GFPの蛍光は，黒塗りで示してある。また，図の縮尺は同じではない。 **3**

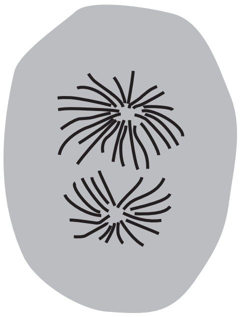
ｄ　分裂中の精原細胞



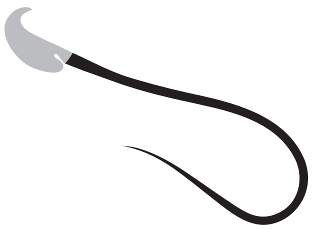
ｅ　小腸の上皮細胞



ｆ　分裂中の肝細胞



ｇ　精子



ｈ　神経細胞

① ｄ，ｅ　② ｄ，ｇ　③ ｅ，ｇ　④ ｆ，ｈ

⑤ ｄ，ｅ，ｇ　⑥ ｄ，ｆ，ｈ　⑦ ｅ，ｆ，ｈ　⑧ ｆ，ｇ，ｈ

B　保健の授業で，日本人には，お酒（エタノール）を飲んだときに顔が赤くなりやすい人が，欧米人に比べて多いことを学んだ。このことに興味をもったスミコ，カヨ，ススムの三人は，図書館に行ってその原因について調べてみることにした。

スミコ：この本によると，顔が赤くなりやすいのは，エタノールの中間代謝物であるアセトアルデヒドを分解するアセトアルデヒド脱水素酵素（以下，ALDH）の遺伝子に変異があって，アセトアルデヒドが体内に蓄積されやすいからなんですって。変異型の遺伝子をヘテロ接合やホモ接合でもつ人は，ALDH の活性が正常型のホモ接合の人の 2 割くらいになったりゼロに近くなったりするそうよ。

カ　ヨ：ヘテロ接合体は，正常型の表現型になるのが普通だと思っていたけど，違うのね。ヘテロ接合体の表現型って，どうやって決まるのかしら。

ススム：ヘテロ接合体の活性がとても低くなってしまうっていうところが，どうもピンとこないね。僕は，ヘテロ接合体であっても正常型の遺伝子をもつのだから，そこからできる(d)タンパク質が酵素としてはたらくことで，正常型のホモ接合体の半分になると思うんだけどなあ。（**図 5**）

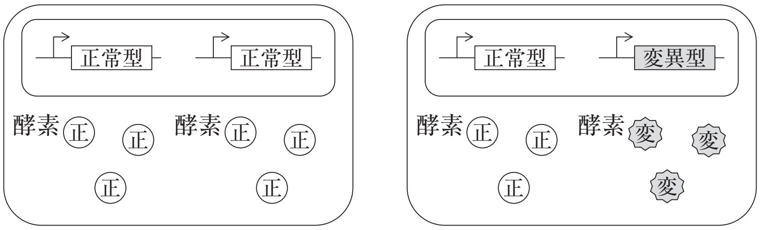


図 5

スミコ：あっ，もしかしたら，ALDH の遺伝子からつくられるポリペプチドは，(e)1 本では酵素としてはたらかないんじゃないかしら。

ススム：ALDH に関する本を見つけたよ。本当だ，4 本の同じポリペプチドが複合体となってはたらくんだってさ。よし，4 本ではたらくとして計算してみるか。あれれ，(f)4 本でもヘテロ接合体の活性は，半分になってしまうぞ。

カ　ヨ：ちょっと待って。私が見つけた文献には，ヘテロ接合体でできる 5 種類の複合体について詳しく書いてあるわ。（**表 1**）

表１　５種類の複合体

変異ポリペプチドの本数	0	1	2	3	4
存在比	$\frac{1}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{6}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{1}{16}$
酵素活性（相対値）	100	48	12	5	4
複合体の例	正 正 正 正	正 正 正 変	変 正 正 変	変 変 正 変	変 変 変 変

カ　ヨ：**表１**から計算すると，ヘテロ接合体の活性は，正常型のホモ接合体の２割強になるわね。たぶん，ススムさんの計算は前提が違っているのよ。

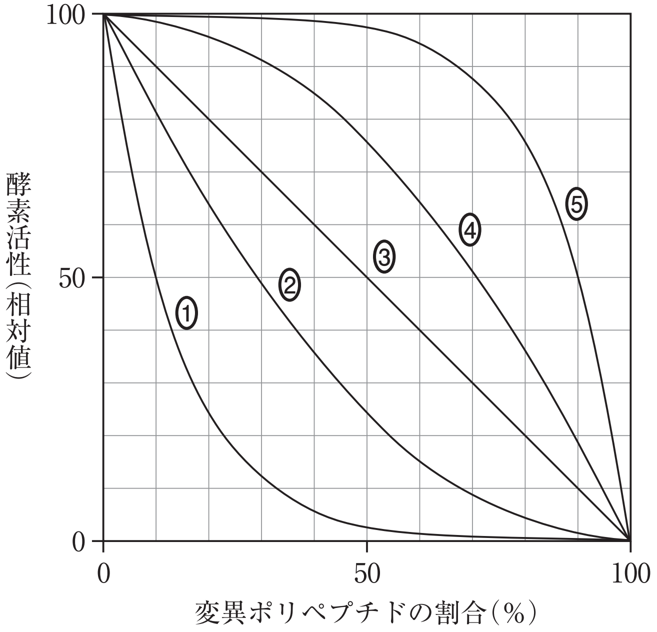
スミコ：きっと活性のない変異ポリペプチドが，複合体の構成要素となって，活性を阻害しているのね。二人三脚で走るときに，速い人が遅い人と組むとスピードが遅くなるというのと同じことよ。ああ，だから，ヘテロ接合の人は，変異型のホモ接合体の表現型に近くなるんだわ。

ススム：なるほどね。日本人にお酒を飲んだときに顔が赤くなりやすい人が多いのには，変異ポリペプチドを含む複合体のALDHの活性と，変異型の遺伝子頻度という生物学的な背景があるんじゃないかな。じゃあ，みんなで(g)変異型の遺伝子頻度を調べてみようよ。

問４　下線部(d)に関連して，細胞でつくられるタンパク質には，ALDH とは異なり，細胞外に分泌されてはたらくものもある。このようなタンパク質を合成しているリボソームが存在する場所として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 **4**

① 核の内部　② 細胞膜の表面　③ ゴルジ体の内部
④ 小胞の内部　⑤ 小胞体の表面

問５　下線部(e)に関連して，２本の正常ポリペプチドが集合して初めてはたらく酵素を考える。このとき，正常ポリペプチドと，集合はできるが複合体の活性に寄与しない変異ポリペプチドがあると仮定する。正常ポリペプチドに対して混在する変異ポリペプチドの割合を様々に変化させるとき，予想される酵素活性の変化を表す近似曲線として最も適当なものを，次のグラフ中の①～⑤のうちから一つ選べ。 **5**



問６　下線部(f)について，どのような前提で計算すれば，活性が半分になるか。考え得る前提として適当なものを，次の①～⑤のうちから二つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。［ 6 ］・［ 7 ］

① 複合体の酵素活性は，複合体中の正常ポリペプチドの本数に比例する。
② 複合体の酵素活性は，複合体中の変異ポリペプチドの本数に反比例する。
③ 正常ポリペプチドが１本でも入った複合体の酵素活性は，100 である。
④ 変異ポリペプチドが１本でも入った複合体は，酵素活性をもたない。
⑤ 変異ポリペプチドは，複合体の構成要素にならない。

問７　下線部(g)について，エタノールに浸したパッチシートで皮膚が紅潮するまでの時間の違いによって，その人の ALDH の活性の高低を調べることができる。三人が同級生 160 人の協力を得て調べたところ，次の**表２**の結果が得られた。**表２**から推測される変異型の ALDH 遺伝子の遺伝子頻度として最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。［ 8 ］

表２

活性が低いかほとんどない	活性が高い
70 人	90 人

① 0.25　② 0.33　③ 0.44
④ 0.56　⑤ 0.67　⑥ 0.75

■ 演習問題

1　次の文章（A・B）を読み，下の問い（**問１～５**）に答えよ。

A　ホタルのルシフェラーゼは，ATP の存在下でルシフェリンを分解することにより発光させる酵素である。このルシフェラーゼを大腸菌に合成させることにした。そこで，(a)ホタルのルシフェラーゼ遺伝子の発現を行うことのできるプラスミドを導入した大腸菌をつくり，寒天培地上で培養した。

問１　下線部(a)に関して，この大腸菌におけるルシフェラーゼの合成を検出することにした。まず，寒天培地上の大腸菌のコロニーをつまようじの先でかきとり，少量の溶解液に入れて溶かし，ルシフェリン溶液を加えたところ，微弱な発光が確認できた。合成されたルシフェラーゼの検出をより明確にするための手法として**適当でないもの**を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。［ 1 ］

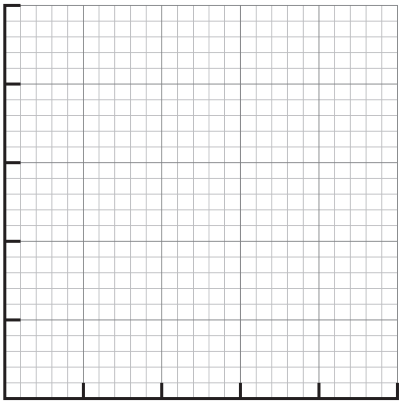
①　できるだけ大きいコロニーを使用する。
②　反応時に濃度の高いルシフェリン溶液を使用する。
③　反応時にホタルから抽出したルシフェラーゼを加える。
④　反応時に ATP 溶液を加える。
⑤　発光を確認するときに部屋を暗くする。

問２　DNA の溶液は 260 nm の波長の光を吸収するので，その吸収を測定することによって DNA の濃度を推定できる。このことを利用し，下線部(a)を大量培養して得たプラスミドを定量することにした。得られたプラスミドを 100 μL の水に溶かし，ここから 1 μL をとって 99 μL の水で希釈した。この希釈液と，あらかじめ濃度のわかっている複数の DNA 溶液とについて，260 nm の波長の光の吸収を測定したところ，次の**表１**の結果が得られた。**表１**のデータをもとに，得られたプラスミド DNA の総量を推定したときの値として最も適当なものを，下の①～⑨のうちから一つ選べ。［ 2 ］ μg

表１

DNA 溶液	260 nm の光の吸収の測定値
0 μg/mL	0.00
5 μg/mL	0.08
10 μg/mL	0.25
20 μg/mL	0.35
30 μg/mL	0.65
50 μg/mL	0.98
プラスミド	0.52

グラフ用紙



① 2.5　　② 12.5　　③ 25
④ 62.5　　⑤ 125　　⑥ 250
⑦ 625　　⑧ 1250　　⑨ 2500

B　ヒトの耳垢（みみあか）の性質は ABCC11 という遺伝子の多型と関連しており，遺伝子型 AA では乾いた耳垢，遺伝子型 GA と GG では湿った耳垢になる。集団における対立遺伝子頻度は，地域によって異なっている。ある高校の生徒たちが，生徒自身，両親および祖父母の耳垢の性質について調べたところ，次の**表 2** のデータが得られた。なお，生徒が調べた家族は，3 世代以上にわたって同じ地域に住み続けているものとする。

表 2

対象	乾いた耳垢	湿った耳垢
自分(生徒)	90 人	21 人
両親	164 人	不明＊
祖父母	234 人	55 人

＊：両親における湿った耳垢の人数は示していない。

問 3　生徒が調べた集団における対立遺伝子 G の頻度の推定値として最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 **3**

① 0.081　② 0.100　③ 0.150
④ 0.190　⑤ 0.810　⑥ 0.850
⑦ 0.900　⑧ 0.919

問 4　生徒の両親集団における遺伝子型 GA の人数の推定値として最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 **4**

① 2　② 13　③ 16
④ 19　⑤ 21　⑥ 36
⑦ 39　⑧ 44

問５ 次の**表３**は，世界の各地域に現在住んでいるヒト集団における対立遺伝子Ａの頻度を示す。**表３**の結果から考え得る合理的な推論として適当なものを，下の①～⑥のうちから二つ選べ。 **5**

表３

地域	対立遺伝子Ａの頻度
東アジア（大陸北部）	0.977
東南アジア（北部）	0.696
東南アジア（南部）	0.175
ヨーロッパ（南部）	0.103
ヨーロッパ（西部）	0.208
ヨーロッパ（東部）	0.246
ヨーロッパ（北部）	0.093
東シベリア	0.786
アラスカ	0.515
中南米	0.167
中東	0.276
西アフリカ	0.000
東アフリカ	0.010

① 対立遺伝子Ａをもつヒトは，より温暖な気候に適応している。
② 対立遺伝子Ａをもつヒトは，より湿度が低い地域に適応している。
③ 対立遺伝子Ａをもつヒトは，より海抜の低い地域に適応している。
④ 対立遺伝子Ａは，中東で生じ，人類の移動に伴って分布を広げた。
⑤ 対立遺伝子Ａは，東アジアから遺伝的交流によって分布を広げた。
⑥ 対立遺伝子Ａは，世界の各地域で様々な頻度で独立に生じた。

（2017年度 試行調査 第５問）

第５講　与えられたデータを活用して理解を深める　解答

2018 年度 試行調査 第5問＆演習問題

■ 2018年度 試行調査

問題番号（配点）	設問		解答番号	正解	配点
第５問 (26)	A	1	1	5	5＊5
		2	2	1	3
		3	3	8	3
	B	4	4	5	3
		5	5	2	3
		6	6－7	1－5	5＊2
		7	8	1	4

（注）
＊2は，両方正解の場合に点を与える。ただし，いずれか一方のみ正解の場合は２点を与える。
＊5は，3を解答した場合は２点，1を解答した場合は1点を与える。
－（ハイフン）でつながれた正解は，順序を問わない。

■ 演習問題

問題番号	設問	解答番号	正解
1	問１	1	3
	問２	2	6
	問３	3	2
	問４	4	6
	問５	5	4，5